

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2794018号

(45) 発行日 平成10年(1998) 9 月 3 日

(24) 登録日 平成10年(1998) 6 月 26 日

(51) Int.Cl.⁶

A 6 3 B 69/36

識別記号

5 4 1

F I

A 6 3 B 69/36

5 4 1 X

請求項の数 8 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平1-161299

(22) 出願日 平成 1 年(1989) 6 月 23 日

(65) 公開番号 特開平3-26281

(43) 公開日 平成 3 年(1991) 2 月 4 日

審査請求日 平成 8 年(1996) 6 月 7 日

(73) 特許権者 999999999

株式会社応用計測研究所

東京都大田区北千束 3 丁目 26 番 12 号

(72) 発明者 関 智孝志

東京都大田区北千束 3 丁目 22 番 3 号 株

式会社応用計測研究所内

(72) 発明者 中山 鳩夫

東京都大田区北千束 3 丁目 22 番 3 号 株

式会社応用計測研究所内

(72) 発明者 桑島 茂純

東京都大田区北千束 3 丁目 22 番 3 号 株

式会社応用計測研究所内

(74) 代理人 弁理士 井出 直孝

審査官 北川 清伸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 動作診断装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】被診断者の動作を撮影する撮影手段と、
この撮影手段で撮影された動作画像をサンプリングして
デジタル信号に変換するサンプリング手段と、
このデジタル信号に変換された画像データから、被診
断者の動作解析のために設定されている複数の動作ポ
イントについてそれぞれの座標を抽出する計測手段と
を備えた動作診断装置において、
上記計測手段で抽出した各動作ポイントの座標から各動
作ポイントごとに動作の特徴を表す数値データを演算す
るデータ演算手段と、
このデータ演算手段で演算された数値データと、比較基
準の数値データとを比較して両者の距離を演算しその評
価値を求める比較手段と、
この比較手段で得られた評価値にしたがって対応する診

2

断結果を選択して出力する出力手段と
を備えた動作診断装置。

【請求項 2】複数の比較基準を備え、この複数の比較基
準と被診断者の数値データとを比較し、被診断者の数値
データがどの比較基準に近いものであるかを判断する手
段を含む請求項 1 に記載の動作診断装置。

【請求項 3】複数の比較基準を選択する手段を備え、比
較手段はこの選択手段で選択された比較基準の数値デー
タと被診断者の数値データとを比較する請求項 1 に記載
の動作診断装置。

【請求項 4】データ演算手段は、演算された二以上の時
点の数値データの値を用いてさらに比較基準のデータと
同一の時点の数値データの値に演算する手段を含む請求
項 1 ないし 3 のいずれかに記載の動作診断装置。

【請求項 5】計測手段は、設定された複数の動作ポイン

トのそれぞれの移動方向に移動し、その動作ポイントを含む領域を指定してその動作ポイントの座標信号を出力させる追跡手段を含む請求項1ないし4のいずれかに記載の動作診断装置。

【請求項6】診断結果の出力は音声によって行われる請求項1ないし5のいずれかに記載の動作診断装置。

【請求項7】診断される動作はゴルフスウィングである請求項1ないし6のいずれかに記載の動作診断装置。

【請求項8】数値データは、速度、加速度、角速度を含む数値データである請求項1ないし5のいずれかに記載の動作診断装置。

【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】

本発明は、人の動作を解析して診断する装置に関する。特に動作解析を行って目標とする動作に対する評価値を求めて診断結果を出力する装置に関する。本発明は、ゴルフスウィングをリアルタイムで診断するゴルフスウィング診断装置に利用できる。

【概要】

本発明は、被診断者の動作を撮影してその動作を解析する動作診断装置において、

撮影した被診断者の動作ポイントの移動から比較基準との比較に必要な各種データを抽出して比較基準のデータと比較してその結果を直ちに出力することにより、

動作感覚の記憶のあるうちに定量的データに基づいた評価診断を与えることができるようにするものである。

【従来の技術】

スポーツなどにおける動作の解析評価は従来指導者によって行われてきた。たとえばゴルフのスウィングの練習を行う場合、そのスウィングを指導者が見て適切なアドバイスを与えることで行っていた。その場に指導者がいない場合には、VTRやフィルムにスウィングを撮影しておき、これを再生して指導者がスウィングを見てアドバイスをを行うというやり方で行っていた。

あるいは、動作解析装置として、スウィングを撮影してこれに画像処理を行う装置もあることはあるが、撮影したスウィングをリアルタイムに解析して何らかの評価基準と比較し診断を行うものではなかった。

また、ゴルフのスウィングの評価装置として、ボールの速さや方向あるいはインパクトの瞬間のクラブヘッドのスピードを測定してその数字を表示する装置もあった。

【発明が解決しようとする課題】

しかし、一人で練習する場合に、指導者がいなければ、そのスウィングを診断して適当なアドバイスが与えられないので、練習の効果が上がらない。また、その場でスウィングの実感が残っているうちに何らかの診断が下され、アドバイスが与えられないと、指導効果は上がらないものであり、時間的に間隔を置いて指導されても学習効果が上がらなかった。また、スウィングを画像処

理装置で解析しても、その診断が時間的に間隔をおいて示されれば、そのスウィングを行ったときの感覚は失われてしまっているので、指導効果は上がらない問題があった。

さらに、ボールの速さや方向あるいはインパクトの瞬間のヘッドスピードを測定してその数値を表示しても、全体としての動きを評価するものではないため、スウィングの診断にはなっておらず、スウィング全体の診断装置としては不十分であった。

本発明は、上述の従来技術の問題を解決するもので、リアルタイムに動作を解析して、動作実感の残っているうちに自動的に動作の診断評価を行うことができる動作診断装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

本発明は、被診断者の動作を撮影する撮影手段と、この撮影手段で撮影された動作画像をサンプリングしてデジタル信号に変換するサンプリング手段と、このデジタル信号に変換された画像データから、被診断者の動作解析のために設定されている複数の動作ポイントについてそれぞれの座標を抽出する計測手段とを備えた動作診断装置において、

上記計測手段で抽出した各動作ポイントの座標から動作の特徴を表すデータを演算するデータ演算手段と、このデータ演算手段で演算されたデータと、比較基準のデータとを比較してその評価値を求める比較手段と、この比較手段で得られた評価値にしたがってあらかじめ用意されている診断結果を選択して出力する出力手段とを備えたことを特徴とする。

この装置は、複数の比較基準を備え、この複数の比較基準と被診断者のデータとを比較し、被診断者のデータがどの比較基準に近いものであるかを判断する手段を含むことができ、また複数の比較基準を選択する手段を備え、比較手段はこの選択手段で選択された比較基準のデータと被診断者のデータとを比較することができる。

また、データ演算手段は、演算された二以上の時点のデータの値を用いてさらに比較基準のデータと同一の時点のデータの値に演算する手段を含むことが好ましい。

また、計測手段は、設定された複数の動作ポイントのそれぞれの移動方向に移動し、その動作ポイントを含む領域を指定してその動作ポイントの座標信号を出力させる追跡手段を含むことが好ましい。

なお、診断結果の出力は音声によって行われることが好ましく、診断された動作はゴルフスウィングであることができる。

【作用】

撮影された被診断者の動作の画像は、デジタル値信号に変換されて比較基準との比較のためのデータが抽出演算される。このデータの抽出は、まず、被診断者の動作を評価に必要な手首、肩、クラブヘッドなどに設定された動作ポイントごとに座標を抽出する。次にこの

動作ポイントごとの座標から、動作の特徴を表している速度、加速度、角速度、角加速度、あるいはピーク値など比較基準のデータと比較できる種々のデータを演算する。そして、この演算で得られたデータと比較基準のデータと比較して、比較基準のデータとの差により評価値を求め、対応する診断を音声あるいは画像などにより被診断者に対して出力する。

〔実施例〕

以下図面を参照して本発明実施例を説明する。

ここでの実施例の説明はゴルフスウィング診断の例で説明する。

第1図は本発明一実施例のゴルフスウィング診断装置のシステム構成を示すものである。第1図のゴルフスウィング診断装置は、被診断者106のスウィングを撮影するTVカメラ100と、このTVカメラ100に附属するストロボ101と、このTVカメラ100で撮影した画像が入力され、画像処理、演算、比較等の情報処理を行う処理装置103と、画像を表示するモニタ用のCRT102と、診断した結果とそのアドバイスならびに操作手順を被診断者に音声によって与えるスピーカ104と、被診断者がどの比較基準によって診断されたいかを選択しあるいは計測スタートを指示するなどの動作を行うスイッチ105とを備えている。また被診断者106がスウィングを行うときにその上に乗るフォースプレート107を備え、その出力は処理装置103に入力されている。また、被診断者の体およびゴルフヘッドには反射テープが張られた動作ポイント P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 、 P_5 、 P_6 が設けられている。

なお、フォースプレート107は、体重の移動、体重の両足への分布等を計測できる装置であり、その変化を計測して動作解析の評価に補助的に使用すると本実施例の効果をもさらに挙げることができる。

次に第2図に本実施例装置がスウィング診断処理で行う処理部の構成についてその概要を示す。すなわち、この処理部は、TVカメラ100で撮影したスウィングのデータが入力される入力手段21と、このデータから画像処理技術を用いてスウィング解析の基礎となる動作ポイントの座標のデータを抽出するスウィング計測手段22と、このスウィング計測手段22で得られた座標データから各動作ポイントごとの速度、加速度、角速度、角加速度などのデータを抽出演算して比較対象となる比較基準に合わせたデータ群を演算するデータ演算手段23と、複数の比較基準のデータを保持する比較基準保持手段24と、抽出演算したデータと比較基準のデータとを比較する比較判定手段25と、比較結果により比較基準保持手段24に保持されている選択された比較基準ごとの診断結果を選択して音声出力や画像表示出力できるように処理を行う後処理手段26と、この結果を音声や画像表示などで出力する出力手段27により構成されている。

第3図はこの処理装置103のスウィング計測手段22の構成を示すものである。このスウィング計測手段22は、

TVカメラ100の出力画像をタイミング信号発生回路203から供給されるクロック信号によってサンプリングして二値信号に変換するサンプリング回路201と、このサンプリング回路201から出力される二値信号から動作ポイントごとにその座標値を演算してCPU205に出力する座標演算回路202と、CPU205から与えられる動作ポイントの位置信号により、動作ポイントを追跡しその検出出力を通過させる窓領域を形成するための窓信号を出力する窓信号発生回路204と、TVカメラ100およびサンプリング回路201、座標演算回路202、窓信号発生回路204に必要なクロック信号(CLK)、X、Y座標信号、垂直同期信号(VD)および水平同期信号(HD)を供給するタイミング信号発生回路203を備えている。

次に第4図にタイミング信号発生回路203の構成を示す。このタイミング信号発生回路203は、サンプリングおよび画像処理のためのクロック信号(CLK)、ラスタスキャン用の水平同期信号(HD)および垂直同期信号(VD)、およびX、Y座標信号を発生して出力するためのものである。発振器301から出力されるクロック信号はそのままサンプリング回路201、あるいは座標演算回路202および窓信号発生回路204に出力される。またクロック信号は、水平方向のX座標信号をそれぞれ発生する座標信号発生回路302に導かれている。そしてこの座標信号発生回路302の先端の出力は水平同期信号HDとして出力される。また、水平同期信号HDはY座標信号をそれぞれ発生する座標信号発生回路303に導かれている。この座標信号発生回路303の先端の出力は垂直同期信号VDとして出力される。この座標信号発生回路302、303はシフトレジスタによって構成できる。水平同期信号HDおよび垂直同期信号VDはTVカメラ100にも導かれる。

第5図は窓信号発生回路204の構成を示すものである。この窓信号発生回路204は複数の動作ポイントを追跡して座標位置を検出していくときに、複数の動作ポイントが動き回るので、それぞれの動作ポイントの移動を間違いなく追跡して座標位置を検出するためのものである。また、診断解析に使用しない動作ポイント以外の座標の演算処理を削減して、座標演算回路202の演算処理量およびCPU205の演算処理量を減らすことができる。

この窓信号発生回路204はX方向の信号とY方向の信号との論理積によって窓信号WSを出力する構成である。X方向信号は、水平同期信号HDとクロック信号とが入力されるカウンタ141と、このカウンタ141の出力するX信号の出力をCPU205から与えられる窓信号用のX方向の座標を設定する X_0 、 X_1 信号とを比較するコンパレータ(COMP)142、143と、このコンパレータ142、143との出力の論理積によりカウンタ141の出力するX方向信号が $X_1 \leq X \leq X_0$ のときにX方向での窓信号を出力するアンド回路144を備えている。またY方向信号も同様であり、垂直同期信号VDと、クロック信号CLKが入力されるカウンタ145とCPU205から与えられる Y_1 、 Y_0 信号とY方向信

号とを比較するコンパレータ146、147と、コンパレータ146と147との出力の論理積をとるアンド回路148とを備えている。そして、アンド回路144、148の出力の論理積をアンド回路149でとって窓信号WSを座標演算回路202に出力する構成となっている。

この窓信号による作成される窓例を第6図に挙げる。動作ポイントPの近傍の $X_1 \leq X \leq X_2$ 、 $Y_1 \leq Y \leq Y_2$ の枠内の斜線の部分が窓となり、この中に入っている動作ポイントPの座標値が座標演算回路202から出力される。この窓信号の領域は、動作ポイントPの移動にしたがって、移動方向に移動する。この移動は、CPU205で求めた動作ポイントPの移動方向により順次窓領域を移動していく。

なお、この第6図に示した例は窓を一つ作る構成であり、実際には複数の動作ポイント $P_1 \sim P_6$ について座標を求めるので、それぞれの動作ポイントごとに窓信号を出力するために、第5図の構成の窓信号発生回路204は設定された動作ポイント数分だけ用意されている。

第7図はCPU205の周辺の構成を示すものである。CPU205は、スイッチ105が接続されるインタフェース回路401、処理プログラムを記憶しているプログラムメモリ402、メモリ403、スピーカ104が接続されている音声合成回路404、数字を表示できる表示器405、CRT102が接続されるCRTインタフェース406にそれぞれバスによって接続されている。また、座標演算回路202および窓信号発生回路204にもバスによって接続されている。

次に本実施例装置の動作をフローチャートを参照しながら説明する。

第8図は本実施例装置におけるゴルフスウィング診断動作のフローチャートを示すものである。

まずスウィング診断に先立ち、どの比較基準により診断するかを被診断者が選択する。この選択はスイッチ105を操作することにより行う。また、別の比較基準の選択方法として、比較基準のデータが記憶されたICカードなどのメモリカードを処理装置103の外部記憶入出力装置に被診断者の選択に従って挿入することによって選択することもできる。比較基準としては、複数のタイプの違うゴルフプレーヤのスウィングのデータが準備されている。例えば、「ゴルフプレーヤとして著名な「中島常幸」、「尾崎将司」、「青木功」などのスウィングの動作を解析したデータ群からなる動作のパターンが用意されている。

全体の診断動作を説明すると、まず、計測をスタートして、TVカメラ100により被診断者のスウィングを撮影してこの撮影したスウィングの計測とその計測したデータの記憶を行う（ステップS32）。ステップS32で計測したデータからスウィングの特徴データを演算する（ステップS33）。演算された特徴データを選択された比較基準のデータと比較する（ステップS35-1～S35-n）。そして、比較基準のデータとの差を求めて、それぞれの

比較基準に合わせたアドバイスをメモリからロードし（ステップS36-1～S36-n）、音声信号に変換して出力する（ステップS37）。さらに診断を行う場合は再度診断動作処理を行う。なおステップS31は計測が開始されたか否かの判断を行うステップであり、ステップS38は終了か否かの判断を行うステップである。

次にそれぞれの診断処理の過程の動作を説明する。

TVカメラ100は被診断者のスウィングを撮影する。この際に被診断者の動作を解析に必要な部位に反射テープを付けて動作ポイント $P_1 \sim P_6$ とする。このように反射テープを付けることにより動作ポイント $P_1 \sim P_6$ の輝度を高めて画像上から抽出し易くする。また、動作ポイントPの抽出は、色によっても行うことができ、その場合はTVカメラ100は、カラーTVカメラを使用する。さらにその出力カラー画像より最大動作ポイント数の色抽出回路を必要とする。

TVカメラ100は撮影する被診断者の動作が高速で動作するので、その動作を捉えるためにストロボ101を用いて映像信号に同期して短く点灯させて撮影するとよい。また、TVカメラ100にはシャッターカメラも利用できる。この場合は、ストロボ101に換えて常時点灯する照明ライトとしてもよい。

TVカメラ100で撮影した画像はそのサンプリング回路201に送られ、サンプリング回路201でタイミング信号発生回路203からのクロック信号によってサンプリングされて二値信号に変換され、その二値信号は座標演算回路202に送出される。

座標演算回路202はサンプリング回路201から入力される動作画動データをタイミング信号発生回路203から入力されるクロック信号、XおよびY信号によりX、Y座標信号に変換する。この際に窓信号発生回路204から供給される窓信号に基づいて画像中に生ずる窓領域内のみの座標演算結果がCPU205に出力される。これにより、スウィングの解析に必要な動作ポイント $P_1 \sim P_6$ に係わる座標信号がCPU205に取り込まれる。

次にCPU205での処理について説明する。

このCPU205では、ステップS32～S36が行う、スウィングの計測および記憶、データの演算および比較の各処理を行う。

まず、スウィングの計測およびその記憶処理について説明する。

第9図は、ステップS32の処理をさらに説明するフローチャートである。

スウィングの計測は、上述の座標演算回路202から入力される動作ポイントの座標信号から各動作ポイント位置についての位置座標を演算する。すなわち、各動作ポイント $P_1 \sim P_6$ の重心位置を計算する。この動作ポイントの重心位置の計算は各動作ポイントごとに座標演算回路202から入力されるX座標値およびY座標値を加算する。また、各動作ポイントについての動作ポイントの座

標として入力された信号の数Nを計測する。そして、動作ポイントごとの座標値の平均値

$$X = \sum X/N \quad Y = \sum Y/N$$

を計算し、その座標値を動作ポイントの座標値とし、この各動作ポイントごとの座標値をメモリ403に記憶する。

また、計測した座標値を取り入れるための窓領域を各動作ポイントごとに前の画像での動作ポイントの位置にくるように、その動作ポイントの位置座標および動作ポイントを中心として窓領域を設定した範囲の位置座標を窓信号発生回路204に対して出力する。このとき、前の動作ポイントの位置と現在の動作ポイントの位置とを比較することにより次の動作ポイントの座標位置を予測して窓領域用の位置座標を窓信号発生回路204に出力してもよい。

以上の計測を計測開始ポイントから計測終了ポイントまでの各画像について行ってそれぞれ抽出した各動作ポイントの動作を示す座標値をメモリ403に記憶する。

なお、ここで、計測トリガポイントから、必要なデータの計測を開始する。この計測トリガポイントとしては、クラブヘッドの最高点やクラブ角度が鉛直方向に対して60°の位置に来たとき、あるいはクラブが頭上を右から左に通過したときなどをトリガポイントに設定でき

る。また、スタートボタンを押してから1秒後にトリガさせるなど時間的なタイミングをトリガポイントにすることができる。

さらに計測終了ポイントは、スウィング解析に必要なデータが終了した点であり、計測終了ポイントとしては、スウィングのインパクト以降のフォロースルーのいずれかの地点が選ばれる。なお、この計測終了ポイントは設定されなくてもよく、計測トリガポイントから一定時間経過によって終了させてもよい。

次に被診断者のスウィングの特徴を抽出するためにデータの演算を行う。

このデータは、各動作ポイント $P_1 \sim P_6$ についての、クラブヘッドの速度 VP_1 、クラブの角度 θ_1 、腕の角度 θ_2 、クラブ角速度 $\dot{\theta}_1$ 、腕の角速度 $\dot{\theta}_2$ 、角速度比 $\dot{\theta}_1/\dot{\theta}_2$ 、クラブの角加速度 $\ddot{\theta}_1$ 、腕角加速度 $\ddot{\theta}_2$ などであり、これらのデータを動作ポイント $P_1 \sim P_6$ の座標値から演算によって求め、求めた動作データを、サンプリングした画像の時系列にそって第1表に示す形式のようなテーブル形式にする。なお、このテーブルには、クラブヘッド座標 P_1 、手首座標 P_2 、肩座標 P_3 のみのデータについて示している。

この場合の動作ポイントと動作データとの関係を第10図に示す。

第 1 表

| データ 時刻 t | クラブヘッド座標 P ₁ | | 手首座標 P ₂ | | 肩座標 P ₃ | | … | ヘッド速度 VP ₁ | クラブ角度 θ ₁ | 腕の角度 θ ₂ | クラブ速度 θ ₁ | 腕角速度 θ ₂ | 角速度比 θ ₁ /θ ₂ | クラブ角加速度 | 腕角加速度 θ ₂ |
|------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|-----------------|--------------------|-----------------|----|-----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------|
| | X | Y | X | Y | X | Y | | | | | | | | | |
| …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… |
| t _{n-1} | | | | | | | | VP _{1n-1} | T _{1n-1} | T _{2n-1} | | | | | |
| t _n | X _{1n} | Y _{1n} | X _{2n} | Y _{2n} | X _{3n} | Y _{3n} | | VP _{1n} | T _{1n} | T _{2n} | DT _{1n} | DT _{2n} | PDT _n | DDT _{1n} | DDT _{2n} |
| t _{n+1} | | | | | | | | VP _{1n+1} | T _{1n+1} | T _{2n+1} | | | | | |
| …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… | …… |

このデータを求める計算は、動作ポイントの位置座標* *から、次のような計算式によって求めることができる。

$$VP_{1n} = \sqrt{(X_{1n} - X_{1n-1})^2 + (Y_{1n} - Y_{1n-1})^2}$$

$$T_{1n} = \tan^{-1} [(X_{2n} - X_{1n}) / (Y_{2n} - Y_{1n})]$$

$$T_{2n} = \tan^{-1} [(X_{3n} - X_{2n}) / (Y_{3n} - Y_{2n})]$$

$$DT_{1n} = T_{1n} - T_{1n-1}$$

$$DT_{2n} = T_{2n} - T_{2n-1}$$

$$PDT_n = DT_{1n} / DT_{2n}$$

$$DDT_{1n} = DT_{1n} - DT_{1n-1}$$

$$DDT_{2n} = DT_{2n} - DT_{2n-1}$$

なお、ここで、

VP:ヘッドスピード、

T_1 :クラブ角度、 T_2 :腕角度、

DT_1 :クラブ角速度、 DT_2 :腕角速度、

PDT:角速度比、

DDT_1 :クラブ角加速度、

DDT_2 :腕角加速度

である。

次に上述のテーブルに得られたデータから、ピーク時あるいはインパクト時および比較基準として保持されているデータとその計測時点が同一のデータを演算によって求める。

被診断者の動作の撮影した画像データの取込みは、計測のトリガポイントから開始されるが、被診断者がボールをインパクトする時点や、加速度がピークとなる点がサンプリングされて出力されるわけではないので、比較基準のデータとの比較のため、このピーク時点のデータ*20

$$t_{peak} = t_n + \frac{1}{2} \frac{(DT_{1n-1} + DT_{1n+1})}{(DT_{1n-1} + DT_{1n+1} - 2DT_{1n})} \Delta t$$

で内挿される。同様に、腕角速度 DT_{2n} 、クラブ角加速度 DDT_{1n} 、腕角加速度 DDT_{2n} のピーク時刻を求めることができる。そしてこのピーク時刻の時点のピーク値をその時刻の前後のデータを内挿することにより得ることが可能である。このデータの内挿は、放物線近似で上述の3点のデータを挿入することによって行うことができ、また円弧の近似や線形演算でも行うことができる。

また、インパクト時の値は、計測開始前にアドレスを行ったヘッドの座標位置(X_0, Y_0)をインパクト時の座標として、その時点 X_0 に近い座標の3点を選び出してそ*

$$d_{n-1} = a x_{n-1}^2 + b x_{n-1} + c \quad \cdots (2)$$

$$d_n = a x_n^2 + b x_n + c \quad \cdots (3)$$

$$d_{n+1} = a x_{n+1}^2 + b x_{n+1} + c \quad \cdots (4)$$

とするとき、

上記の $x_{n-1} < x_0 < x_{n+1}$ である x_0 点のデータ d_0 については、(2)~(4)式の連立方程式から a 、 b 、 c を求めて d_0 を求めることができる。

また、比較基準のデータと同一時点のデータの演算も同様にして内挿、あるいは線形近似等の演算によって求める。

次に選択した比較基準のデータと比較を行う。

比較基準のデータとしては、練習模範とするプロゴルファーのスウィングの特徴動作のデータが上述の表に対応するデータの形として与えられている。

上述の被診断者のデータが抽出演算されたところで、

*を演算により得る必要がある。また、比較基準のデータはこのボールのインパクト時点から所定の時間間隔にあるデータあるいは所定の角度間隔のデータおよび各データのピーク値として与えるのがよいので、この比較基準のデータの時点に合致したデータとする必要がある。

また、ヘッドスピードのピーク値の時間的または座標的位置のポイントとインパクト時点と比較することによりスウィングのタイミングの良否を判定でき、また、腕の角加速のピークとクラブの角加速のピークの時点10を比べることにより、スウィングの回転中心から遠いほうにピークが移動していくかを判断することが可能であるので、ピーク値およびその時間的位置を求めることによりスウィングの評価を行うことが可能となる。

このピーク時および比較のための時点のデータを得るには、上述のデータのうちの3点からデータを内挿することによって得ることができる。

例えば角速度のピーク時刻は次の演算式によって求めることができる。

クラブ角速度 DT_{1n} が最大値であったとすると

*の3点の各データを放物線近似で求めることができる。

また、アドレス位置ではなく、上述のピーク値の内挿によって、ヘッドスピードのピーク値をとる座標位置を求めてその時点インパクト時点として同様に求めることができる。

この内挿を放物線により行う例について説明する。

30 第11図に示すように、放物線を

$$y = ax^2 + bx + c \quad \cdots (1)$$

とし、3点のデータ d_{n-1} 、 d_n 、 d_{n+1} は、

選択された比較基準のデータを読み出し、被診断者のデータとの距離を判定する。

この距離は、比較基準のそれぞれの時点でのヘッドスピード、腕角速度、加速度、角速度比などの値について差を求め、その各データの差を自乗和として計算することによって求める。これにより被診断者のスウィングのデータが比較基準のデータとどれだけ差があるかを求めることができる。

このデータの距離については、比較基準としてどのプロゴルファーを選択するかによって、どの点を重点として診断をしたいかが異なるので、各データについて重み付けを行う。例えば「尾崎将司」を目標とすると飛距離

を重点として診断したいためであるので、ボールの飛距離に影響するデータについては重み付けを大きくする。また、「青木功」を目標とするときは飛距離ではなく、手首の使い方に重点をおいた診断となるため、手首の動きに重点をおいた重み付けを行う。

この比較基準とのデータの比較における重み付けでは、特定のプロゴルファー例えば「青木功」の多数回にわたって収集したデータ群または多数のプロゴルファーのスウィングから収集したデータ群より、各種の統計的手法、例えば多変量解析の手法により重み付けの変数を決定することができる。

この比較によって、得られた動作データと比較基準のデータとの距離すなわち評価値が与えられると、その評価値に応じて、アドバイスを出力する。このアドバイスは、比較基準ごとに用意されており、目標とする比較基準ごとに与えられるアドバイスは異なる。これは目標とするプロゴルファーによって、診断されたいスウィングのチェック項目が異なるためである。例えば、比較基準が「尾崎将司」であれば、ボールの飛距離をのばすための腕の振りや体のひねりをチェックすることになるの

で、その点に重点をおいたアドバイスが出力されるのが好ましいからである。

次に比較基準と比較によって得られた評価値に対応して出力されるアドバイス例について説明する。

ここでは、説明を簡単にするために、上述の内挿を用いる演算により得られたインパクト時の角速度PDTとイ

$$A = 100 \left(1 - \sqrt{\omega_1 \left(\frac{PDT - m_1}{m_1} \right)^2 + \omega_2 \left(\frac{VP_1 - m_2}{m_2} \right)^2} \right)$$

ここで、目標となる比較基準として、「青木功」を選択したとき、総合評価点81点となり、「尾崎将司」を選択したとき、総合評価点は61点となる。

そして、アドバイスとしては、「青木功」の場合、「総合評価点は81点です。ほぼ目標のスウィングです。もう少し手首の返しを早くして下さい。飛距離は十分です。」が出力され、「尾崎将司」の場合、「総合評価点は65点です。目標のスウィングへはまだまだです。もう少し腰の回転を早くして下さい。もう少し思い切って振ってください。」が出力される。

このアドバイス出力の最初の文の点数に続く文は総合評価点に対応する評価の文章である。この文は、総合評価点にしたがって次の第4表の形で与えられている。

* インパクト時のヘッドスピード VP_1 との2つのデータによりアドバイスを出力する例で説明する。

被診断者のスウィングを解析したそのデータが

$$PDT = 0.6$$

$$VP_1 = 45 \text{ (m/s)}$$

とする。

このとき比較基準として、「青木功」、「尾崎将司」についての角速度比 m_1 、インパクト時のヘッドスピード m_2 が以下の第2表に示すように与えられ、またその重み付けの重み ω が第3表のように与えられていたとする。

第 2 表

| 目標値 タイプ | インパクト時の 角速度比 m_1 | インパクト時のヘ ッドスピード m_2 |
|------------|-----------------------|--------------------------|
| 青木功 | 0.7 | 65 |
| 尾崎将司 | 0.45 | 70 |

第 3 表

| 重み タイプ | インパクト時の 角速度比 ω_1 | インパクト時のヘ ッドスピード ω_2 |
|-----------|----------------------------|-------------------------------|
| 青木功 | 0.8 | 0.2 |
| 尾崎将司 | 0.3 | 0.7 |

ここで、被診断者のデータを比較基準のデータと比較してその総合評価点Aを次式で求める。

第 4 表

| 総合評価点 | 総合評価の出力 |
|--------|-------------------|
| 100～90 | 目標どおりのスウィングです。 |
| 90～70 | ほぼ目標どおりのスウィングです。 |
| 70～50 | 目標のスウィングへはもう少しです。 |
| 50～ | 目標のスウィングへはまだまだです。 |

また、アドバイス出力の次の文は比較基準のタイプごとにインパクト時のヘッドスピードの比較値にしたがって次の第5表のように与えられており、比較基準のデータとの差により出力される。

第 5 表

| 比較値 $VP_1 - m_2$ | タイプ | 尾崎将司 アドバイス | 青木功 アドバイス |
|---------------------|-----|---------------|--------------|
| ～-5 | | 十分な飛距離です。 | 十分な飛距離です。 |

| 比較値 VP ₁ ~m ₂ | タイプ | 尾崎将司 アドバイス | 青木功 アドバイス |
|--|-----|-------------------|-------------------|
| -5~-15 | | まあまあの飛距離です。 | |
| -15~-30 | | もう少しおもいきって振って下さい。 | まあまあの飛距離です。 |
| -30~ | | まだまだ振りが足りません。 | もう少しおもいきって振って下さい。 |

また、アドバイス例の最後の文は、手首、腰の使い方に対するアドバイスであり、インパクト時の角加速度との比較値によって次の第6表のように与えられている。

第 6 表

| 比較値PDT-m ₁ | アドバイス |
|-----------------------|--------------------|
| 0.2~ | 腰の回転を早くして下さい。 |
| 0.05~0.2 | もう少し腰の回転を早くして下さい。 |
| -0.05~0.05 | 希望どおりの手首、腰の使い方です。 |
| -0.2~-0.05 | もう少し手首の返しを早くして下さい。 |
| ~-0.2 | 少し手首の返しを早くして下さい。 |

このように、被診断者のデータが同一でも、目標となるタイプに応じる評価、アドバイスの出力が行われる。

そして、比較基準との比較によって得られたアドバイスは、音声合成回路404によって音声信号に変換された後、スピーカ104から被診断者に出力される。また、表示器405あるいはCRT102から文字あるいは画像として表示することができる。

次に別の実施例について説明する。

上述の実施例では目標とする比較基準の一つを選択し、その比較基準のデータとの差によって評価値を求め、その評価値に従ってアドバイスを与えるものとしたのに対して、この別の実施例では種々のスウィングのパターンである複数の比較基準のデータを記憶しておき、その複数の比較基準のデータと被診断者のスウィングのデータとを比較することにより被診断者のスウィングがどの比較基準のパターンに近いかを判断する。

このどの比較基準のパターンであるかの判断は、全てのデータとの比較ではなく、データの内のピーク値、ピーク値の時間的相互関係など、スウィングがどのパターンに属するかを判断するに適するデータの組を抽出し、そのデータの組がどの比較基準のデータの組に近いかを判断することによって行うことができる。そして、そのもっとも近いとされた比較基準と比較基準のデータとの差である評価値を得て、最も近い比較基準に対応するアドバイスを与える。

この実施例では、複数の比較基準として目標となる比較基準ではなく、悪い動作の例となる比較基準も用意しておき、被診断者のスウィングがどのパターンのものであるかを最初に判断して、その診断者のスウィングがどのようなタイプのスウィングであるかを出力し、そのタイプに対応するアドバイスを出力することもできる。

なお、上述の実施例では、比較基準とのデータの比較は、動作解析の結果得られたヘッドスピード、クラブ角度、腕角度、クラブ角速度、角速度比等を比較基準とのデータと比較する構成としたが、この他のデータと比較を行うことができる。例えばヘッドスピードのピーク値に対してインパクト時のヘッドスピードの比であるとか、あるいは最大クラブ角速度に対するインパクト時のクラブ角速度の比で評価を行うことができる。また、クラブヘッド、手首、腕の速度のピーク値がインパクト時に対して如何なる時間関係のときに現れるかの時間比などを評価の対象とすることができる。これはスウィングの評価は、スウィングにおけるバランスやスウィングフォームにおける無駄の無い動きを評価することであるため、単なる速度や加速度のデータのための評価ではなく、スウィングフォームを評価できるものであれば、どのようなデータによって行ってもよいのである。

なお、上述の実施例では、その診断時点のスウィングのみについて比較基準との比較によりアドバイスを与えるものとしたが、処理装置に外部記憶装置との入出力部を設け、外部記憶装置のICメモリカードやフロッピーディスクなどにデータおよび診断結果を記憶させておき、診断の都度に前回のデータおよび評価と比較して、その比較結果を、「前回より腕のふりの点が良くなっています。」、「手首の返りが良くなっています。」などの前のスウィングと比較した診断結果を出力することもできる。

なお、上述の実施例はゴルフスウィングの診断装置の例を示したが、本発明の動作診断装置はスウィング診断だけでなく種々の動作解析診断に用いることができる。例えばフォームの解析やリハビリテーション医学での動作解析に使用できる。

〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明によれば、動作の解析を行って直ちにその診断結果を音声あるいは画像によって表示することができる。

このため、まだ動作の感覚が残っているうちに診断結果を与えることができるので、被診断者に対する指導効果を向上させた診断装置を提供できる。また、複数の比較基準によってそれぞれ与えられる診断を異なるものとするので、目標とするモデルごとに最適なアドバイスを与えることができる効果がある。

また、被診断者の動作タイプがどのパターンに属するかを判断してそのパターンに対応したアドバイスを与えることができるため、被診断者の動作タイプに応じた指

導ができる効果がある。

さらに、スウィングなどの動作の評価が体の大きさに係わらず客観的に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

第1図は本発明一実施例装置の構成図。

第2図は実施例装置処理部の構成図。

第3図は実施例スウィング計測手段の構成図。

第4図は実施例タイミング信号発生回路の構成図。

第5図は実施例窓信号発生回路の構成図。

第6図は窓例。

第7図はCPU周辺構成図。

第8図は実施例動作フローチャート。

第9図は実施例動作フローチャート。

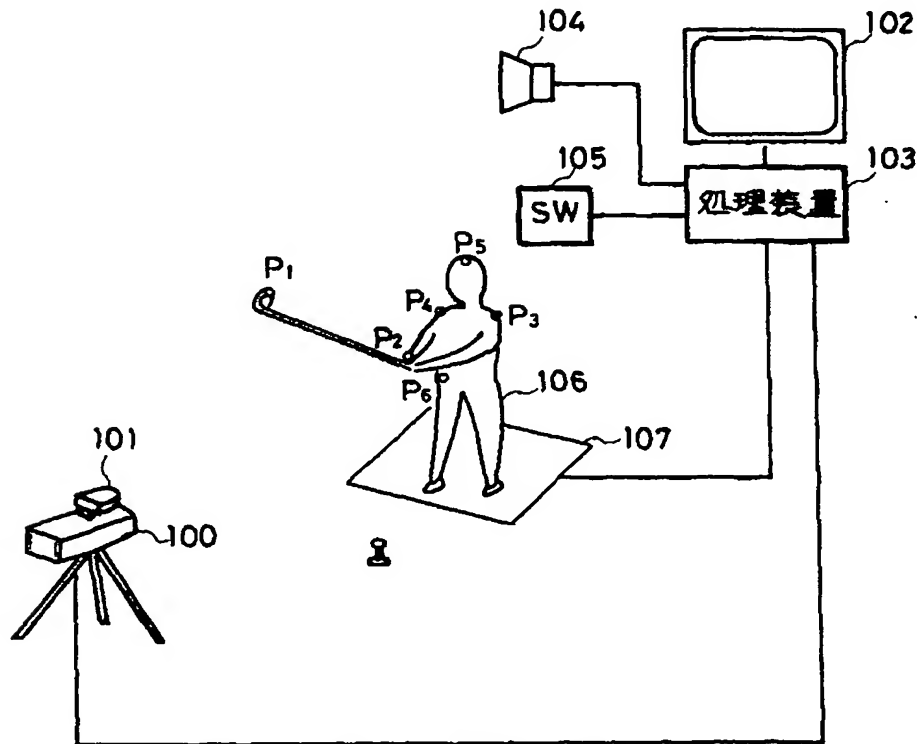
* 第10図は動作ポイントと動作データとの関係を説明する図。

第11図は内挿を説明する図。

100……TVカメラ、101……ストロボ、102……CRT、103……処理装置、104……スピーカ、105……スイッチ、106……被診断者、201……サンプリング回路、202……座標演算回路、203……タイミング信号発生回路、204……窓信号発生回路、205……CPU、301……発振器、302、303……座標信号発生回路、401……インタフェース回路、402……プログラムメモリ、403……メモリ、404……音声合成回路、405……表示器、406……CRTインタフェース。

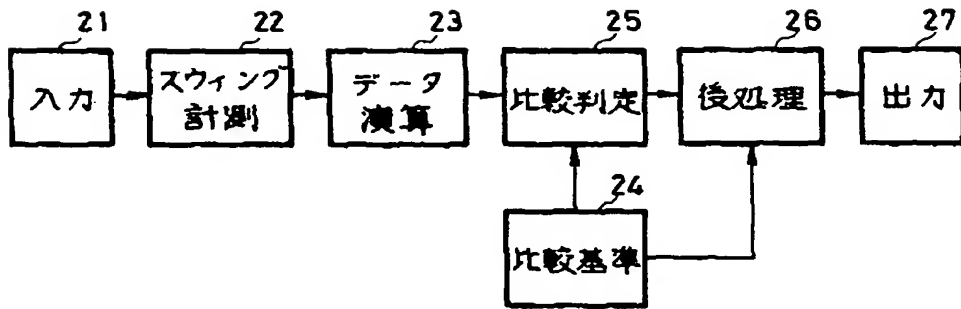
*

【第1図】



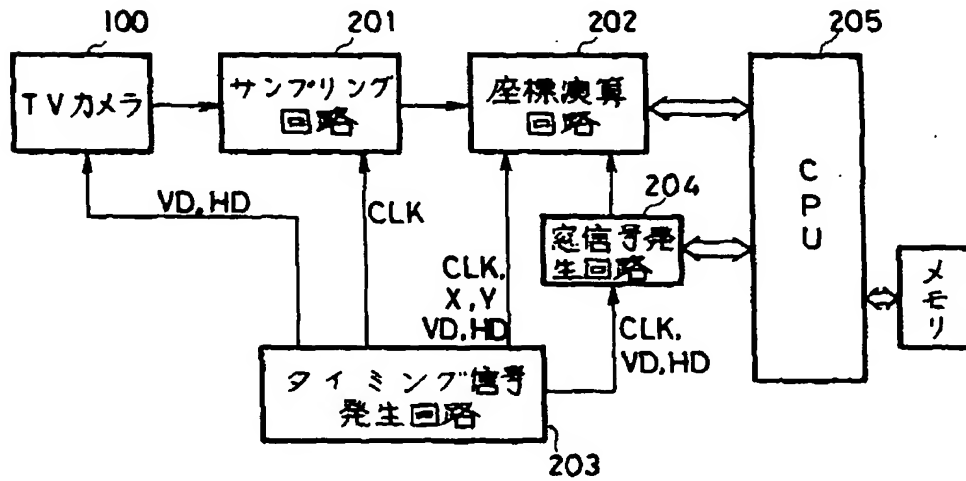
実施例構成図

【第2図】



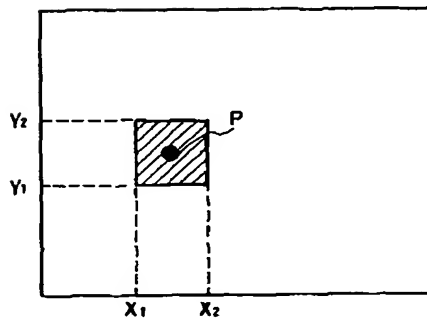
実施例処理構成図

【第3図】



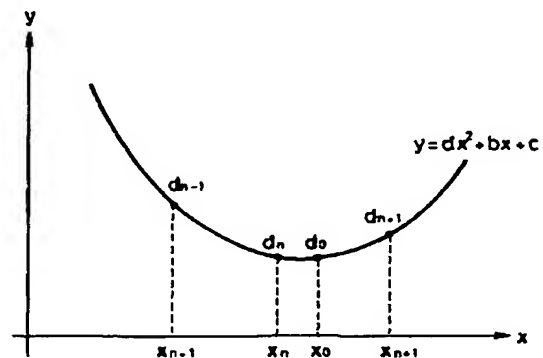
スウィング計測部

【第6図】



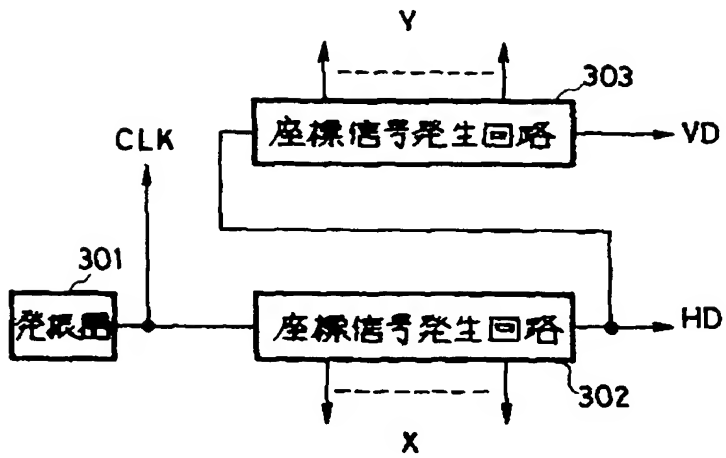
窓例

【第11図】



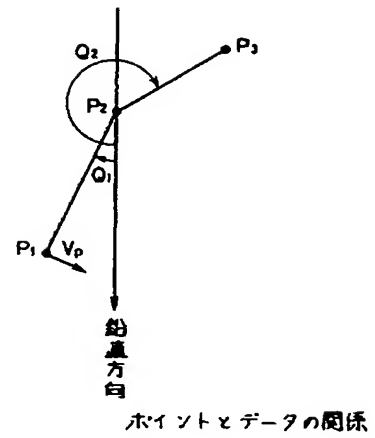
内挿

【第4図】

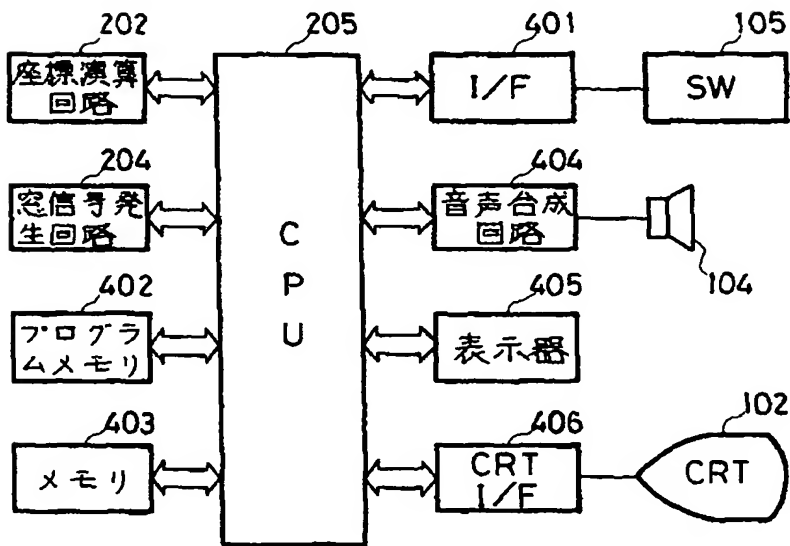


タイミング信号発生回路

【第10図】

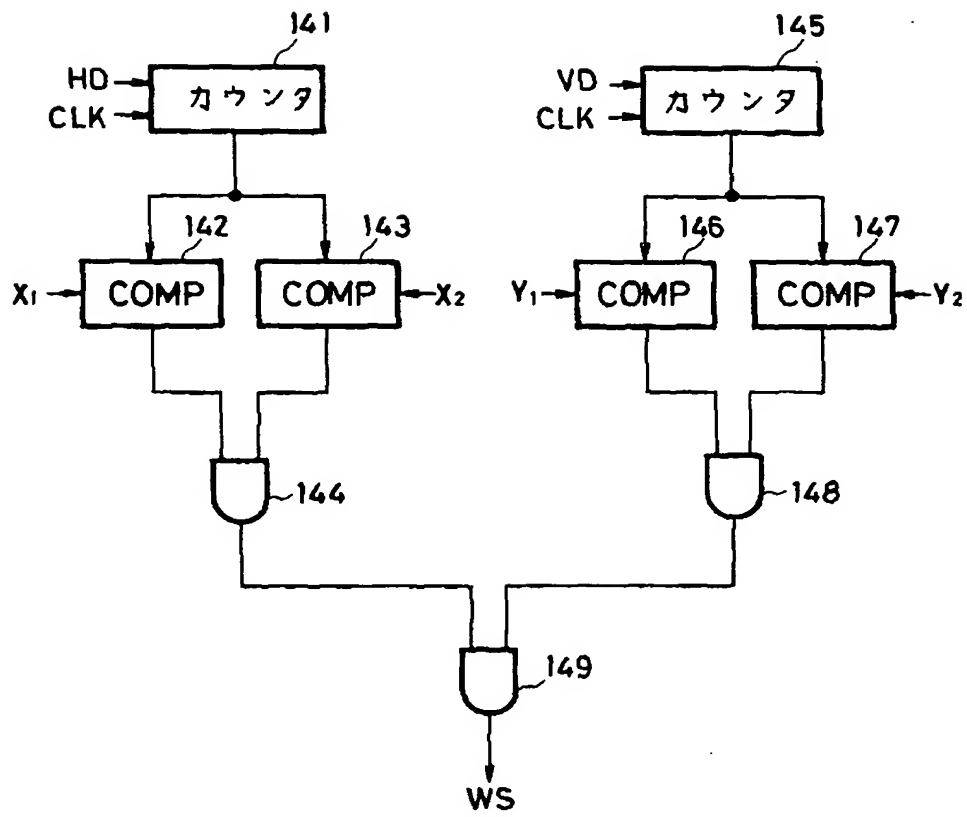


【第7図】



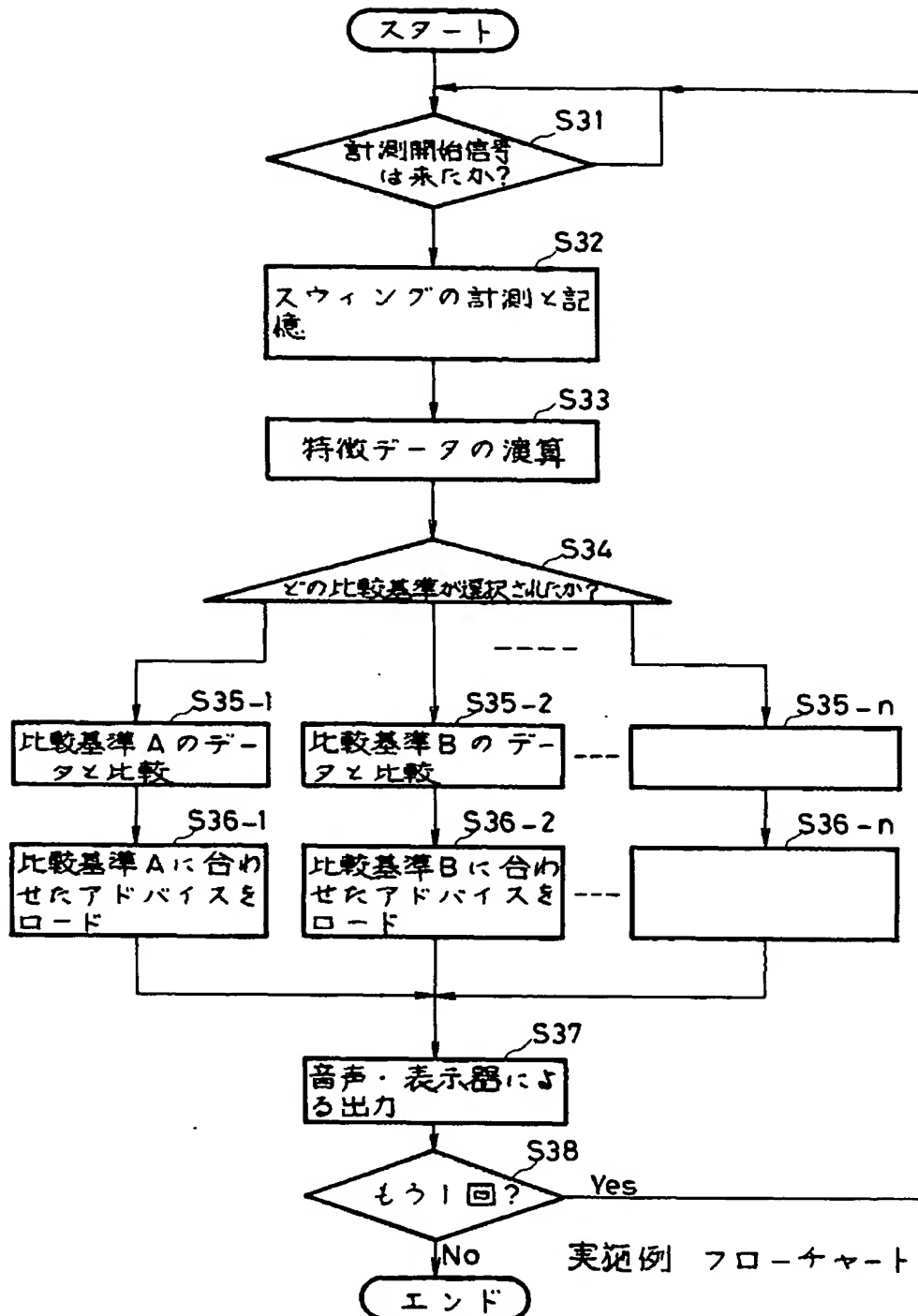
CPU 周辺装置

【第5図】

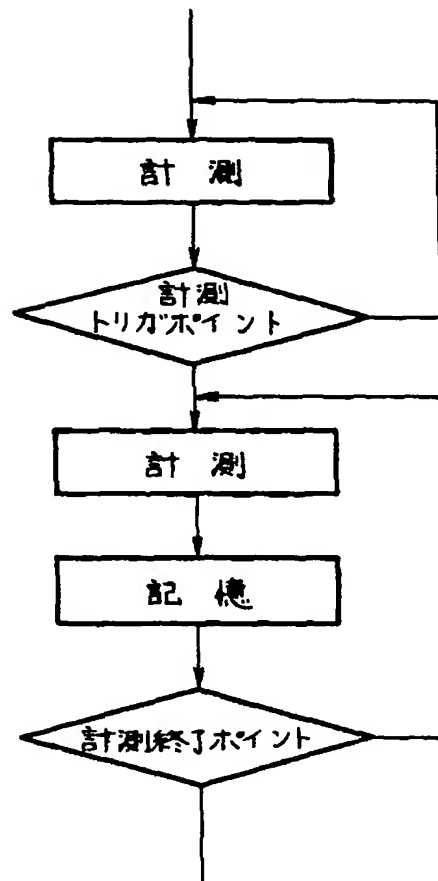


窓信号発生回路

【第8図】



【第9図】



実施例 フローチャート

フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 尊人
東京都大田区北千束3丁目22番3号 株
式会社応用計測研究所内

(72)発明者 三宅 一司
東京都大田区北千束3丁目22番3号 株
式会社応用計測研究所内

(72)発明者 芝田 勉
東京都大田区北千束3丁目22番3号 株
式会社応用計測研究所内

(56)参考文献 特開 昭63-38478 (J P, A)
特開 平2-249566 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁸, D B名)
A63B 69/36 541